農業氣象、空氣污染與酸雨對農業生產影響及因應措施
研討會論文專輯　41-52,　1996

臺灣地區空氣污染指標植物觀測區及資料庫之建立

申　雍[1]　謝慶芳[2]
[1]國立中興大學土壤環境科學系　[2]臺灣省臺中區農業改良場

內　容

摘要 …… 42
英文摘要 …… 42
前言 …… 42
材料與方法 …… 43
結果與討論 …… 47
誌謝 …… 51
引用文獻 …… 51

臺灣地區空氣污染指標植物觀測區及資料庫之建立

申 雍[1] 謝慶芳[2]

[1]國立中興大學土壤環境科學系 [2]臺灣省臺中區農業改良場

摘 要

由於臺灣地區空氣污染情形日漸嚴重，為瞭解農業地區是否遭受由都市或工業區釋出之空氣污染物質的影響，本年度於全省設立24個空氣污染指標植物觀測區，以進行長期系統性的監測。所有觀測區均採用統一的觀測方法，記錄指標植物的徵狀，並每季採取植物樣品進行化學分析，以判別空污的種類。各觀測區指標植物的徵狀調查及化學分析資料，均可輸入電腦資料庫中，以利資料之存取及分析使用。由建立之指標植物觀測區與資料庫，不僅可以瞭解當地空氣污染的情形，以補環保署現有空氣品質監測站之不足，長期的監測記錄還可用於判斷當地空污改善或變劣之趨勢與程度。

關鍵詞：空氣污染，指標植物，資料庫

Establishment of Observation Plots and Database of Indicator Plants for Air Pollution in Taiwan

Yuan Shen[1] and Ching-Fang Hsieh[2] ([1]Department of Soil and Environment Science, National Chung-Hsing University, Taichung and [2]Taichung District Agricultural Improvement Station, Chunghwa, Taiwan, ROC)

ABSTRACT：Air pollution in Taiwan is becoming a serious problem. In order to understand whether agricultural land has been affected by air pollutants emitted from metropolitan area or industrial parks, a network of 24 indicator plant plots has been established this year. Plant symptoms were recorded under the same observation schemes at all observation plots. Samples were taken every 3 month for chemical analysis to identify the possible pollutants. A database to record plant symptoms and chemical analysis data has also been established to facilitate data input and search. Through the established observation network and computerized database, the extent of air pollution can then be analyzed. Long term monitoring records can also be used to evaluate the air pollution trend at different locations.

Key words：Air pollution, Indicator plants, Database

前 言

本省主要空氣污染物包括硫氧化物、氮氧化物、氟化物、氯化物、碳氧化物、碳氫化物、懸浮微粒等初生污染物，以及臭氧和過氧硝酸乙醯酯(PAN)等次生污染物(廖，1985；鄭，1985；方與陳，1993;孫，1993a，1993b；范，1993；柳，1993；楊與謝，1993；謝，1993；Sun and Su，1985)，其中對作物毒性强者，如氟化氫、氨氣、乙烯、PAN、臭氧等，在大氣中只需幾ppb至幾十ppb就會發生傷害作用(莊與孫，1984；謝，1991)。近年由於空氣污染日漸嚴重，因空氣污染為害人畜或農作物所引發的公害糾紛事件大量增加。目前環保署雖已在全省主要都會區及工業區附近，設置空氣品質監測站，以檢測空氣中污染物的濃度(方與陳，1993)。但受限於儀器設備與人員經費之不足，對於其它廣大地區，以及長期低濃度存在之空氣污染物質，尚無法進行系統性的監測。

一些敏感的指標植物如處於空氣污染的環境下，極易出現明顯之徵狀，因而常被用於偵檢環境中是否長期遭受低濃度的污染物為害。一些至今發現較適合於臺灣氣候環境下栽培的指標作物及其可以偵檢的空氣污染物分別為(謝，1991)

(一)氟化物：唐菖蒲、落花生、香蕉、番石榴、葡萄、相思樹。

(二)臭氧：菸草、甘薯、菜豆、瓜類、牽牛。

(三)PAN：木瓜、火鶴花、萘菜、矮牽牛、菠菜、龍葵、劍葉萵苣。

(四)乙烯：洋蘭、胡麻、番茄、番石榴、辣椒。

(五)氨氣：唐菖蒲、落花生。

(六)二氧化硫：胡麻、白花牽牛、番石榴、唐菖蒲、水稻。

如能於各地普遍設立空氣污染指標植物觀測區，不僅可以瞭解當地空氣污染的情形，以補環保署現有空氣品質監測站之不足，而長期的監測記錄還可用於判斷當地空污改善或變劣之趨勢與程度。

由臺灣省農業試驗所統籌之「空氣污染物與酸雨對臺灣地區農業影響研究」整合計畫，獲環保署經費補助從八十五年度起開始執行，其中一子題「建立空氣污染指標植物區與設立指標植物資料庫」，係

調借本省各農業試驗場所從事農業氣象研究之人力，於主要農業區域分別設置24個空氣污染指標植物觀測區。所有觀測站都採用統一的觀測方法，記錄指標植物的徵狀，並每季採取植物樣品進行化學分析，以判別空污的種類；並將調查資料輸入電腦資料庫中，以利資料之存取及分析使用。

材料與方法

為統一調查的項目和精確度，以及調查資料的填報方式，各指標植物觀測區有關指標植物的管理方式與徵狀調查方法，均使用相同的觀測基準（表1～表4）。目前已設立之24個空氣污染指標植物觀測區的分佈位置如圖1所示，各觀測區之代碼及橫麥卡脫座標(2度分帶，中央經度121度)，則列於表5。

各指標植物區每季採集的植體樣品，經烘乾磨碎後，寄送臺中區農業改良場進行化學分析。陽離子係以AR級硫酸和過氧化氫先將植體消化後，再分別以原子吸光儀和火燄光度計測定（Sabbe, 1969；Yoshida et al., 1971）；可溶性硫酸離子是以0.01M HCl萃取後，以Barium Chloranilate法測定（Bertolacini and Barney, 1957, 1958；Richter and Johnson, 1983）；氯離子是以硫酸將植體消化並經氫氧化鉀吸收後，以Mercuric Nitrate法測定（Richards, 1969）；氟離子則是以1N HCl萃取後，以電極法測定（Orion Research, 1978）。

各指標植物區每季填報的基本資料、徵狀調查表和相片，以及植體採樣之化學分析結果，寄送中興大學後，均予以登錄並載入電腦資料庫中。所使用之電腦資料庫主要係以MicroSoft Professional Basic語言(Ver. 7.1)，配合具地理資訊系統功能之軟體MapBasic語言(Ver. 3.0) 撰寫，以方便使用地圖界面進行測站選取及資料的顯示。各觀測區所拍的徵狀相片在載入資料庫前，先以掃描器轉成影像圖檔，再應用影像處理軟體 (PhotoStyler, Ver. 2.0, U-Lead

表一、空氣污染指標植物調查記錄表（一）觀測基準

一、指標作物：

(1)唐菖蒲：Albert Schweitzer。由台中場統一供應。用於空氣中氟化物、二氧化硫、氯氣之偵檢。

(2)落花生：台南13號。由台中場統一供應。用於空氣中氯氣之偵檢。

(3)番茄　：聖女。各觀測站自行向農友種苗公司購買。用於空氣中臭氧、乙烯之偵檢。

(4)木瓜　：農友1號。各觀測站自行向農友種苗公司購買。用於空氣中PAN之偵檢。

(5)株數　：每種作物12缽，每缽4株。

(6)種植　：唐菖蒲和落花生採直播。番茄和木瓜需提前一個月育苗，再移植入試缽內。

二、栽培介質：

(1)由臺中場監督調製試驗所需之介質，以每袋18公斤分裝。每年各觀測站分別向調製之農民購買。每一植缽裝3公斤介質。

(2)各觀測站仍需施用基肥與追肥。

(3)為避免發生連作障礙，每三個月更新指標作物時，原種植同一種指標植物的12個植缽介質應倒出，重新混合分裝施用基肥後，再輪種它種指標植物。輪種之順序為

唐菖蒲 ← 落花生 ← 番茄 ← 木瓜 ←（循環回唐菖蒲）

(4)番茄與木瓜育苗所用介質為泥炭土，不添加任何肥料，由各觀測站自行向農友種苗公司購用。以黑色10cm育苗盆育苗。

三、施肥管理：

(1)基肥：每36公斤介質均勻拌入試藥級之碳酸鈣($CaCO_3$)60g、氧化鎂(MgO)12g、磷酸二氫鉀(KH_2PO_4)12g，以及尿素6g。

(2)追肥：每隔14天每缽施用尿素0.8g。

(3)澆水：每週澆水一次，儘量使用地下水。如使用自來水，應先放置數天使殘氯減少。

(4)噴藥：間隔使用大喜和賽滅靈，新星和魚精。每二週施用一次。不要用其它農藥。

(5)地點：避開大馬路與工地，以減少落塵堆積。

(6)標示：觀測區利用二層空心磚與週圍區隔。標示牌60cm × 40cm，白底黑字。上書

空氣污染指標植物觀測區 第××觀測區 環保署補助計畫 EPA-85-1404-09-19 執行單位：

四、徵狀調查：

(1)每二週調查一次，並拍照。如徵狀變化快速，則每週調查一次。

(2)依徵狀調查表圈選觀察到之徵狀，可複選。

(3)徵狀面積百分率以「葉片位置」項所選徵狀出現之部位為判斷基準。

(4)不論有無徵狀均需拍攝觀測區全景。若有徵狀則取出三盆合照，再採具代表性葉片拍徵狀特寫。徵狀特寫相片內需含紅、綠、藍三原色色卡。

(5)相片尺寸為4×6，無邊。

(6)每三個月將基本資料和徵狀調查記錄表影印存檔後，連同照片寄交中興大學進行電腦輸入工作。

五、植株採樣：

(1)三個月採樣一次，以三盆為一重覆，採樣前先調查株高。

(2)採樣時，每一重覆之三盆先各取一株合為全株樣本，稱取鮮重。其餘各株分上葉與下葉採樣。每樣品烘乾磨粉後至少取5g裝入夾鍊袋，註明樣品代號。

(3)全株樣品齊地切下，番茄不含果實。

(4)採樣時輕敲葉片去除累積落塵即可，不需水洗。

(5)植株烘乾磨碎後，連同採樣調查表寄交臺中區農改場進行化學分析。

(6)化學分析結果，由臺中場寄交中興大學進行輸入工作。

表二、空氣污染指標植物調查記錄表（二）基本資料

一、觀測站位置　：　　縣(市)　　市(鄉、鎮)　　村(里)

二、管理人資料　：姓名　　電話（　）
住址

三、觀測站代碼　：

四、指標植物　　：(A)唐菖蒲 (B)落花生 (C)番茄 (D)木瓜

五、移植或播種期：民國　年　月　日

六、主要栽培介質：紅土和菇類太空包廢棄介質按1:1體積比混合

七、植缽內徑　　：23cm

八、施肥日期　　：基肥　　　：民國　年　月　日
第一次追肥：民國　年　月　日
第二次追肥：民國　年　月　日
第三次追肥：民國　年　月　日
第四次追肥：民國　年　月　日
第五次追肥：民國　年　月　日
第六次追肥：民國　年　月　日

九、病蟲害防治　：民國　年　月　日(1)大喜、魚精 (2)賽滅靈、新星
民國　年　月　日(1)大喜、魚精 (2)賽滅靈、新星
民國　年　月　日(1)大喜、魚精 (2)賽滅靈、新星
民國　年　月　日(1)大喜、魚精 (2)賽滅靈、新星
民國　年　月　日(1)大喜、魚精 (2)賽滅靈、新星
民國　年　月　日(1)大喜、魚精 (2)賽滅靈、新星

十、主要病虫害　：民國　年　月　日
民國　年　月　日
民國　年　月　日
民國　年　月　日

十一、其它：

表三、空氣污染指標植物調查記錄表（三）徵狀調查

一、調查者姓名：
二、觀測站代碼：
三、指標植物　：(A)唐菖蒲 (B)落花生 (C)番茄 (D)木瓜
四、記錄日期　：民國　　年　　月　　日
五、葉片出現病斑：
　(A)病斑部位：(1)葉面 (2)葉背 (3)葉緣 (4)葉尖 (5)中肋附近 (6)葉脈間
　(B)葉片位置：(1)全株 (2)上葉 (3)下葉
　(C)病斑顏色：(1)白 (2)銀白 (3)灰白 (4)褐 (5)紅褐 (6)黃褐 (7)黃(8)亮銅
　(D)病斑形狀：(1)長條形 (2)圓形 (3)不規則 (4)其它
　(E)病斑大小：(1)<2mm (2)2-5mm (3)5-10mm (4)>1cm
　(F)病斑面積：(1)<20% (2)20-50% (3)>50%
六、葉片顏色異常：
　(A)異常部位：(1)葉面 (2)葉背 (3)葉緣 (4)葉尖 (5)中肋附近 (6)葉脈間
　(B)葉片位置：(1)全株 (2)上葉 (3)下葉
　(C)異常徵狀：(1)白化 (2)黃化 (3)暗綠 (4)水浸狀 (5)紫色 (6)暗銅
　(D)異常面積：(1)<20% (2)20-50% (3)>50%
七、葉尖顯現枯死徵狀：
　(A)葉片位置：(1)全株 (2)上葉 (3)下葉
　(B)枯死長度：(1)<5cm (2)5-10cm (3)10-15cm (4)>15cm
　(C)枯死面積：(1)<20% (2)20-50% (3)>50%
八、葉片呈現捲曲：
　(A)呈現部位：(1)全葉 (2)前半段 (3)後半段
　(B)葉片位置：(1)全株 (2)上葉 (3)下葉
　(C)捲曲方向：(1)往上捲 (2)往下捲
　(D)捲曲程度：(1)輕微 (2)中等 (3)嚴重
九、拍攝相片編號 (站碼-作物-年-月-日-張， 例:12-A-84-11-17-1)

表四、空氣污染指標植物調查記錄表（四）植體採樣

一、採樣者姓名：
二、觀測站代碼：
三、指標植物　：(A)唐菖蒲 (B)落花生 (C)番茄 (D)木瓜
四、採樣日期　：民國　　年　　月　　日
五、採樣部位　：(1)上葉 (2)下葉 (3)全株(株高：　　cm，鮮重：　　g/株)
六、重覆數　　：　1　2　3　4
七、樣品編號：　－　－　－　－　－　(站碼-植物-年-月-部位-重覆)
　　　　　　　　　　　　　　　　　　(例：12-A-84-09-3-2)
八、分析結果 (%)：

Ca	Mg	Na	K	陽離子合計	SO_4	Cl	F	陰離子合計

表五、空氣污染指標植物調查記錄表（五）測站代碼

代碼	執　行　單　位	設置地點	橫麥卡脫座標＊	
1	臺灣省農業試驗所	萬豐	26585	2175
2	嘉義農業試驗分所	嘉義	25980	1945
3	鳳山農業試驗分所	鳳山	25055	1835
4	臺灣省畜產試驗所	新化	25510	1810
5	屏東技術學院	內埔	25050	2090
6	桃園區農業改良場	白玉	27710	2585
7	桃園區農業改良場	后庄	27610	2525
8	桃園區農業改良場	崙坪	27660	2655
9	桃園區農業改良場	八德	27590	2780
10	桃園區農業改良場	竹北	27490	2485
11	臺中區農業改良場	大村	26555	2015
12	臺中區農業改良場	土城	26535	2235
13	臺中區農業改良場	清水	26850	2060
14	臺中區農業改良場	萬興	26505	1895
15	臺南區農業改良場	臺南	25430	1690
16	高雄區農業改良場	屏東	25075	1985
17	高雄區農業改良場	旗山	25285	1985
18	水產試驗所東港分所	林園	24855	1915
19	高雄區農業改良場	馬公	26090	3110
20	臺東區農業改良場	斑鳩	25255	2570
21	花蓮區農業改良場	吉安	26525	3065
22	花蓮區農業改良場	三星	27315	3210
23	蠶蜂業業改良場	公館	27100	2315
24	種苗改良繁殖場	新社	26805	2295

＊二度分帶，中央經線121度；第19號測站所用中央經線爲119度。

Systems, Inc.)，利用所拍攝相片內之紅、藍、綠三原色之色卡圖像進行修正，以去除相片顏色因所用底片或冲洗技術不同而造成的誤差。

結果與討論

指標植物觀測區之調查工作自八十四年底開始，迄今(八十五年三月)已累積有一季(十二月～二月)的調查資料。唯由於係剛開始執行計畫，而該季因氣溫低，指標植物發育慢，因此植株較矮小，爲顧及化學分析時所需之樣品重量，因此部份測站的資料並不完整。以後觀測網的工作人員，將需提早冬季這一批指標植物的育苗時期，以避免指標植物因氣溫低而發育慢的困擾；北部地區的觀測區則需先利用溫室育苗後，再移入田間觀測區內。

目前各觀測區的徵狀調查記錄和植體化學分析資料已輸入電腦資料庫中，輸入時電腦會自動顯現各輸入表單(圖2)，其設計與各觀測區所使用之調查表類似，以降低發生輸入錯誤的可能。查詢資料時可以先由觀測

區分佈地圖挑選擬進行分析之觀測區(圖3)，然後依據使用者設定之蒐尋條件(圖4)，尋找符合蒐尋條件之記錄，依日期順序列出(圖5)，使用者並可調出當時所拍之相片，以及其它相關資料，以做進一步之分析。由於使用資料庫的軟體係剛開始發展，目前係以查詢各觀測區每季累積的資料爲主，可用於分析任一觀測區，有關空氣污染情形的連續變化。日後還可發展查詢觀測網內多個觀測區在同一季的調查資料，以瞭解有關空氣污染的空間分佈情形；或配合環保署現有空氣品質監測站的記錄資料，及空氣污染物對作物影響的相關研究，以瞭解各主要空氣污染來源對本省農業區的影響；……等多項應用研究。

目前所設立之24個空氣污染指標植物觀測區，雖然部份係位於大都市或可能排放污染物之工業區附近的農業區內，也有多個觀測區係位於遠離有嚴重空污可能的主要農業生產地區，但就八十四年十二月至八十五年二月之徵狀調查資料而言，多數觀測區的指標植物都顯現遭受空氣污染爲害的徵狀。由於現有觀測區的分佈密度與分佈地點仍有不儘理想之處，因此空氣污染指標植物觀測區的數目應再予以增加，以供瞭解各農業地區遭受空氣污染的程度。但目前由各農業單位調借人力支援的辦法，恐無法充份滿足普設觀測區時，所需管理與調查人力之需求。可行的解決辦法之一，係挑選適當的國中小學，以其自然科教師的人力爲主，由目前分散於各農業單位的負責人員，提供栽培管理與調查技術上的支援，如此除可滿足各觀測區管理與調查的人力需求外，亦可提供適當的自然科學教材，並吸引國中小學教師與同學對當地空氣污染情形的重視。

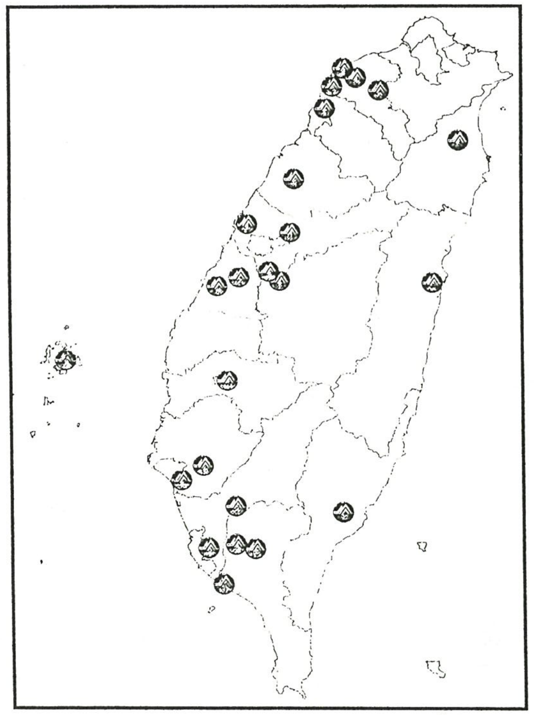

Figure 1. Spatial distribution of observation plots.

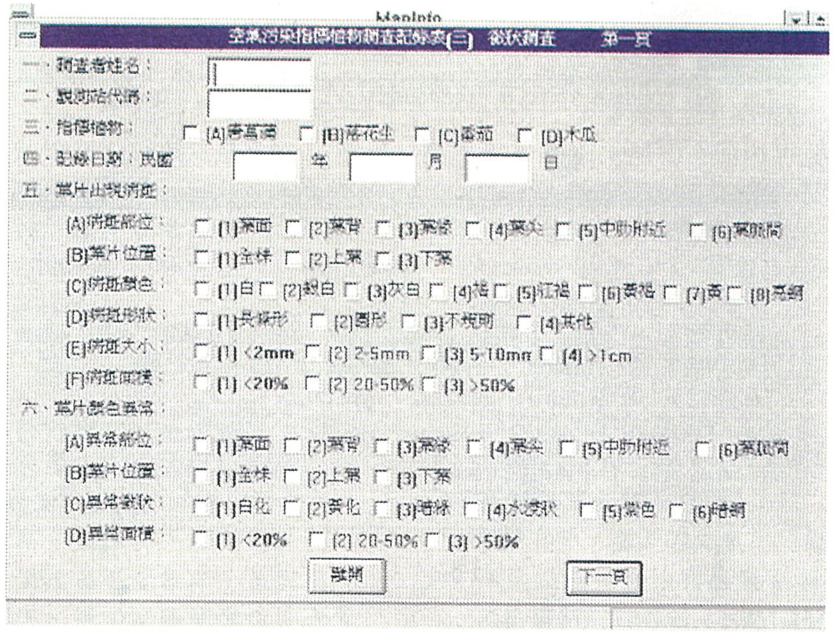

Figure 2. A sample of information entering screen.

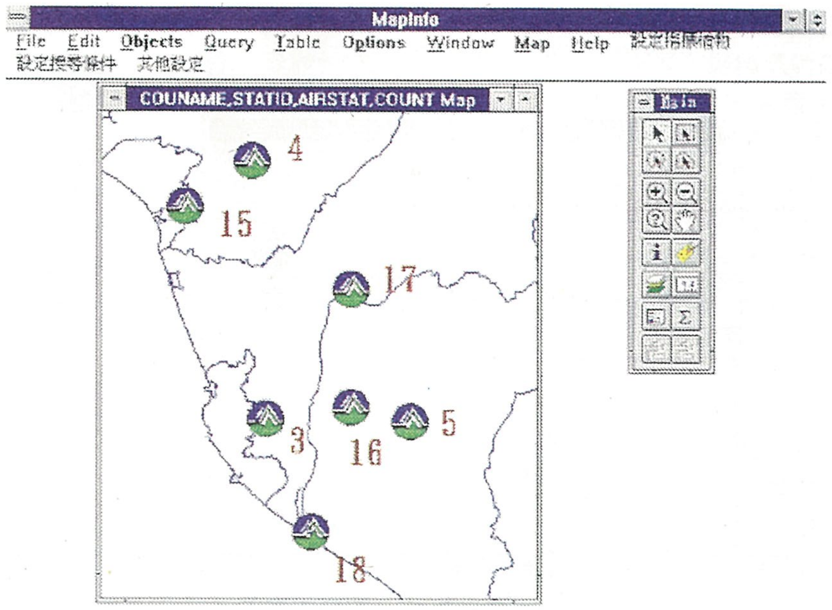

Figure 3. A sample of observation plots selection screen.

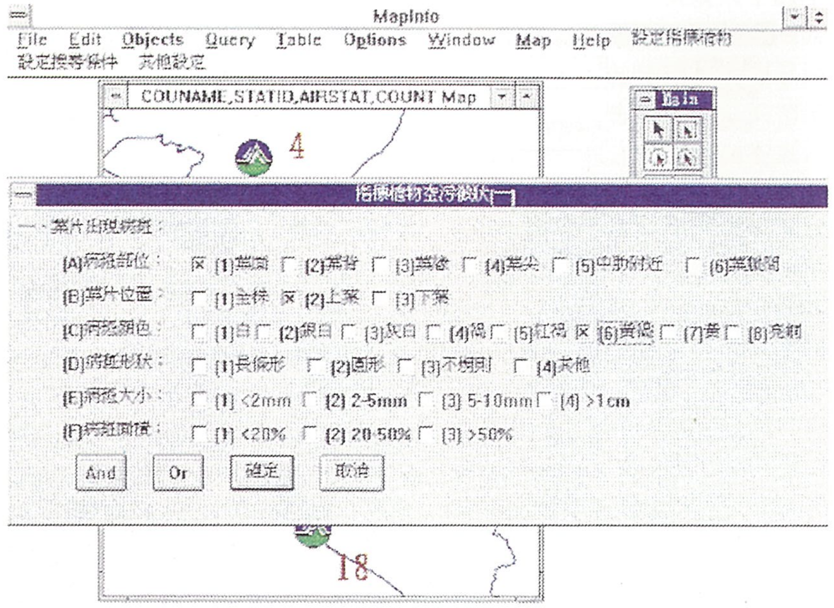

Figure 4. A sample of symptoms selection screen.

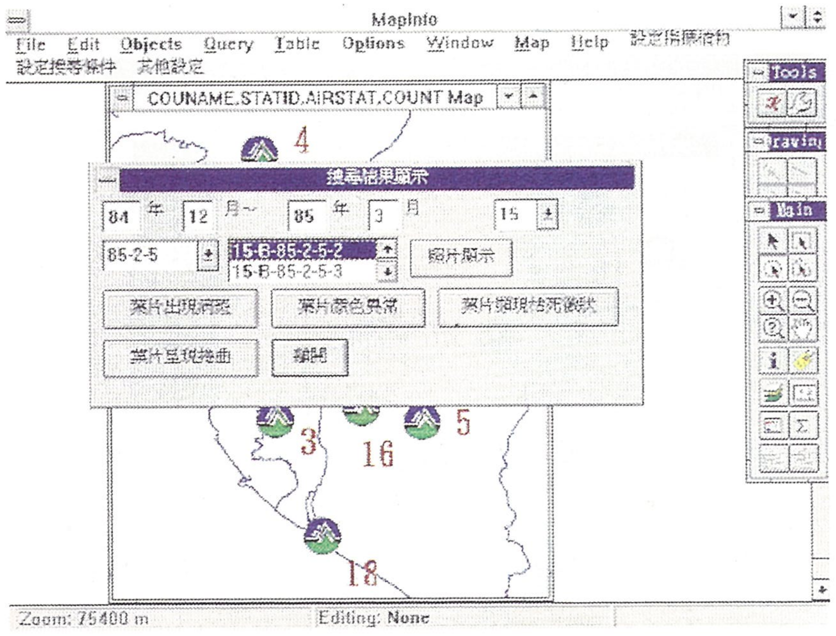

Figure 5. A sample of output screen.

綜合而言，設於臺灣各地的空氣污染指標植物觀測區，自八十四年底開始運作迄今，各觀測區負責人員的經驗與所使用的觀測基準，在歷經半年的應用與修正下，均已逐漸成熟，爲未來的觀測工作已奠下良好基礎。以後除應持續觀測區資料之蒐集與增設指標植物觀測區，以充實資料庫內的資料數量外，還應就資料庫內已建檔的資料，進行各項的相關研究工作，以充份應用建立的資料庫。

誌　謝

各指標植物觀測區之維護管理、徵狀調查、樣品採集等工作承屏東技術學院徐森雄，臺灣省農業試驗所姚銘輝、蔡金川、溙匡時、王惠亮、張賢明、郝秀花、利幸貞，桃園區農業改良場廖乾華、黃義雄、林孟輝、林燕玉，臺中區農業改良場李健捀、黃秀絨，臺南區農業改良場林文助，高雄區農業改良場郭同慶，花蓮區農業改良場李祿豐、梁正文，臺東區農業改良場王志泰、黃尙義，蠶蜂業改良場林洋三、吳輝虎，種苗改良繁殖場孫永偉，臺灣省畜產試驗所許福星、洪國源，臺灣省水產試驗所蘇茂森、謝介士、蔡雪貞等多位先生小姐協助執行，謹致謝忱。

引用文獻

方淑慧、陳雄文。1993。臺灣地區空氣品質及防制策略之研析。臺灣地區空氣污染與農業氣象對作物生產影響研討會專輯。p.76-101。中華農業氣象學會、臺灣省農業試驗所。

李國欽、李貽華。1984。空氣污染爲害植物之診斷。臺灣植物保護中心。

范基南。1993。空氣中固體污染物對作物之影響。臺灣地區空氣污染與農業氣象對作物生產影響研討會專輯。p.201-216。中華農業氣象學會、臺灣省農業試驗所。

莊進源、孫岩章。1984。空氣污染公害之鑑定技術及圖鑑。行政院衛生署環境保護局。

孫岩章。1985。臺灣地區之空氣污染物質。公害對農業生產之影響研討會論文集。p109-133。臺灣省農業藥物毒物試驗所。

孫岩章。1993a。植物表面燃油火力電廠黑煙微粒之顯微鏡鑑定。臺灣地區空氣污染與農業氣象對作物生產影響研討會專輯。p.125-136。中華農業氣象學會、臺灣省農業試驗所。

孫岩章。1993b。臺灣地區過氧硝酸乙醯酯污染物對萵苣之影響。臺灣地區空氣污染與農業氣象對作物生產影響研討會專輯。p.183-200。中華農業氣象學會、臺灣省農業試驗所。

柳中明。1993。臺灣的臭氧化污染分析。臺灣地區空氣污染與農業氣象對作物生產影響研討會專輯。p.251-264。中華農業氣象學會、臺灣省農業試驗所。

楊居成、謝式坤鈺。1993。二氧化硫及氮氧化物對農作物爲害病徵及產量影響。臺灣地區空氣污染與農業氣象對作物生產影響研討會專輯。p.137-152。中華農業氣象學會、臺灣省農業試驗所。

廖乾華。1985。窯業工廠廢氣對農作物損害的受害症狀及產量的影響。公害對農業生產之影響研討會論文集。p49-58。臺灣省農業藥物毒物試驗所。

謝慶芳。1991。如何栽培指標作物以監測空氣污染。臺中區農業改良場。

謝慶芳、林景和、徐國男。1991。綠帶植物對窯業廢氣之抵抗性試驗。臺中區農業改良場研究彙報 30:53-70。

謝慶芳。1993。植物對氟化物、硫氧化物及氮化物之反應。臺灣地區空氣污染與農業氣象對作物生產影響研討會專輯。p.106-124。中華農業氣象學會、臺灣省農業試驗所。

鄭榮賢。1985。水泥廠煙灰對農作物及土壤之影響。公害對農業生產之影響研討會論文集。p33-40。臺灣省農業藥物毒

物試驗所。

Sun, E.J. and H.J. Su. 1985. Fluoride injury to rice plants caused by air pollution emitted from ceramic and brick factories. Environ. Pollution (series A) 37:335-342. EPA, ROC.